

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh změn provedení odtahového hrdla cyklonu

Design of the Draw-Off Neck of a Extraction Fan

Student:

Tomáš Šlosar

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Ostrava 2019

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Šlosar**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování  
Téma: **Návrh změn provedení odtahového hrdla cyklonu**  
**Design of the Draw-Off Neck of a Extraction Fan**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Na základě provedených vizuálních a další nespecifikovaných kontrol navrhnete následné možné změny provedení odtahového hrdla cyklonu. V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu současného stavu.
2. Ideový a technický návrh řešení dané problematiky vycházející z hodnocení provozního nasazení.
3. Daný návrh doložte potřebnými základními podklady včetně projekčního výkresu.
4. Zhodnoťte přínos nového provedení ve srovnání se stávajícím.

Další bližší specifikace bude provedena v průběhu zpracovávání bakalářské práce.

Rozsah práce min. 35 stran textu.

### Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 130 s., ISBN 978-80-248-1690-6

LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing 2013, První vydání, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2

ČSN EN 13460:2009 *Údržba – Dokumentace údržby*

KUNCZ, I. *Odstraňovanie a odlučovanie prachu*. Alfa 1977, 455 s.


*Nespecifikované interní podklady.*

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019

  
doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry

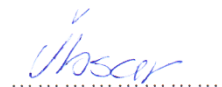


  
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2019



Podpis

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі, że Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Šlosar

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bohuslavská 1395

Lipník na Bečvou

751 31

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Šlosar, T. Návrh změn provedení odtahového hrdla cyklonu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2019, 55 s. Vedoucí práce: Helebrant, F.

Bakalářská práce se zabývá návrhem změn zámku odtahového hrdla pro horký cyklon v cementářském průmyslu. V práci jsou popsány strojní zařízení v cementářském průmyslu, konkrétně zařízení disperzního výměníku tepla. Dále je v práci popsáno odtahové hrdlo, jeho druhy a komponenty. Poslední část práce je věnována návrhu zámku odtahového hrdla a návrhu porovnání. Jsou vytvořeny modely součástí a model celkové sestavy. V příloze je obsažen výkres navrhnutého zámku.

Klíčová slova: odtahové hrdlo, cementářský průmysl, cyklon, segment, přehříváč

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Šlosar, T. Design of the Draw-Off Neck of a Extraction Fan: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design , 2019, 55 p. Thesis head: Helebrant, F.

Bachelor thesis is dealing with proposed changes of draw-off neck lock for hot cyclone in the cement industry. The thesis describes the machinery in the cement industry, namely the machinery of dispersion heat exchanger device. Subsequently, the thesis describes the draw-off neck, their types and components. Latest part deals with proposed changes of draw-off neck lock and proposed of comparison. Models of parts and model of assembly are created. Drawing of parts are included in enclosure.

Keywords: Draw-Off Neck, cement industry, cyclone, segment, preheater

## Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	7
Úvod	8
1 Disperzní výměník tepla	9
1.1 Cyklony	11
1.1.1 Cyklony pro první cyklonový stupeň	12
1.1.2 Cyklony pro nižší cyklonové stupně	14
1.2 Bypassový systém	15
1.3 Spojovací kanály	15
1.4 Kalcinátor	16
1.5 Skluz suroviny a jeho části	18
1.6 Technická diagnostika a údržbová zařízení	20
2 Odtahové hrdlo	25
2.1 Plechová odtahová hrdla	25
2.2 Segmentové odtahové hrdlo	27
Závěr	31
Seznam použité literatury	32
Internetové zdroje	32
Seznam obrázků	33
Seznam příloh	35
Poděkování	36

## Seznam použitých značek a symbolů

<u>Značka</u>	<u>Název veličiny</u>	<u>Jednotka</u>
$l_0$	šířka segmentu při 20 °C	[mm]
$\alpha$	teplotní součinitel délkové roztažnosti	[K <sup>-1</sup> ]
$\Delta t$	velikost změny teploty	[°C]
$l$	šířka segmentu	[mm]
$\Delta l$	velikost délkové změny	[mm]
5ST	pětistupňový výměník	
4ST	čtyřstupňový výměník	
6ST	šestistupňový výměník	
MP	měřicí pozice	
LUCY	typ disperzního výměníku tepla	
KKN	konstrukční typ kalcinátoru	
HVO	konstrukční typ kalcinátoru	
ICC	konstrukční typ kalcinátoru	
KKN+SCC	konstrukční typ kalcinátoru	
DCD	odtahové potrubí	

## Úvod

V moderním cementářském průmyslu je pecní linka s předkalcinací a velkým podílem alternativních paliv (až 100 % do disperzního výměníku tepla) předpokladem k ekonomicky úsporné výrobě cementu. Při spalování velkého množství alternativních paliv vznikají chemické látky, které mají negativní vliv na ocel strojních zařízení disperzního výměníku tepla a surovinu.

Součástí disperzního výměníku tepla je mimo jiné cyklon, který zde plní funkci průmyslového odlučovacího zařízení. Odtahové hrdlo je komponenta cyklonu, která má vliv na odlučivost a tlakovou ztrátu daného cyklonu. Součástí segmentového odtahového hrdla, které je instalováno ve dvou posledních cyklonových stupních je zámek odtahového hrdla.

Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout konstrukční změnu zámku segmentového odtahového hrdla. Pro vhodné konstrukční změny provedu technickou diagnostiku deformace odtahového hrdla z dostupných podkladů.

V první části práce se zaměřím na strojní zařízení disperzního výměníku tepla s předkalcinací surové moučky. Další kapitola první části je věnována odtahovému hrdlu a jeho součástí.

Další části práce je zaměřena na technickou diagnostiku a vlivy, které deformují odtahové hrdlo. Na závěr práce navrhnu porovnání dvou zámků a zpracuji výkres, který bude součástí přílohy.



# 1 Disperzní výměník tepla

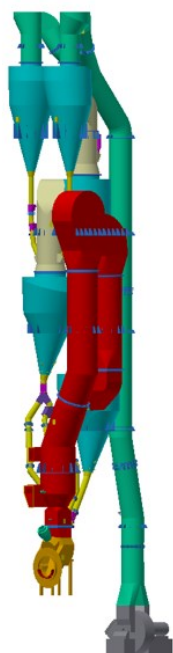
V moderním cementářském průmyslu je výměník s kalcinátorem nedílnou součástí pecní linky. Hlavním cílem výměníku s kalcinátorem je snížit kalorickou spotřebu přehřevu a předkalcinaci surové moučky za pomoci odpadního tepla z rotační pece a z chladiče slinku. Využitím odpadního tepla z rotační pece a chladiče slinku za použití velkého množství alternativních paliv výrazně snižuje ekonomickou náročnost výroby cementu. První patent byl přihlášen 1. června 1932 M. Vogel-Jrgensenem Ing. na patentovém úřadě v Praze pod názvem „Způsob a zařízení na plnění pecí s otočným bubnem jemně rozdělenou hmotou“. Patent byl udělen 25. června 1943, realizace proběhla až roku 1951. [1]

Mezi hlavní komponenty výměníku tepla patří cyklony, spojovací kanály, kalcinátor, skluzy suroviny, patní kus, spojovací kanály. Nedílnou součástí jsou doplňková zařízení, která odstraňují nálepek, kompenzují roztažnost materiálu a technicky diagnostikují zařízení. Odstranění nálepky v hlavních zařízení zajišťují vzduchová děla nebo systém Cardox, teplotní roztažnost materiálu kompenzuje dilatace. Celý systém je opatřen žáruvzdornou vyzdívkou. [2]

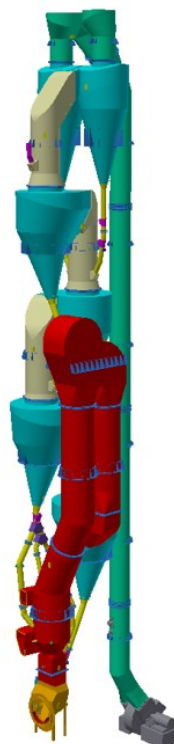
Disperzní výměníky tepla (dále jen výměníky) obvykle disponují od čtyř do šesti cyklonových stupňů, které jsou uspořádány jeden nad druhým do věže od 50–130 m. Nejvyšší cyklonový stupeň se často skládá ze dvou separátních cyklonů pro lepší odlučivost a snížení výšky výměníku. Počet stupňů výměníku je závislý především na:

- vlhkosti suroviny,
- tlakové ztrátě výměníku tepla,
- teploty odpadního plynu,

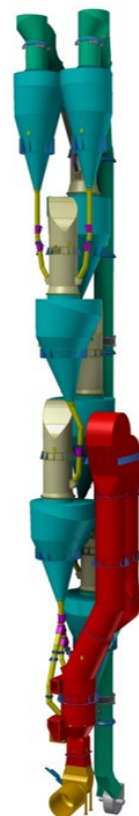
Teplota odpadního tepla je zásadní kritérium pro volbu počtu cyklonových stupňů. Teplota odpadního plynu pro 4ST (čtyřstupňový) výměník dosahuje v nejvýše postaveném cyklonovém stupni 300–400 °C. Odpadní plyn se dále využívá například k sušení surové moučky nebo uhlí. Sušení uhlí v uhelných mlýnících odpadním plynem je možné díky malému obsahu kyslíku (maximálně 3 %). Dalším využitím odpadního plynu je ohřev vody za účelem výroby páry pro pohon turbín, které generují elektrickou energii. S vyšším počtem cyklonových stupňů se teplota odpadního tepla snižuje, počet cyklonových stupňů nemá vliv na denní produkci slinku.[3]



4ST



5ST



6ST

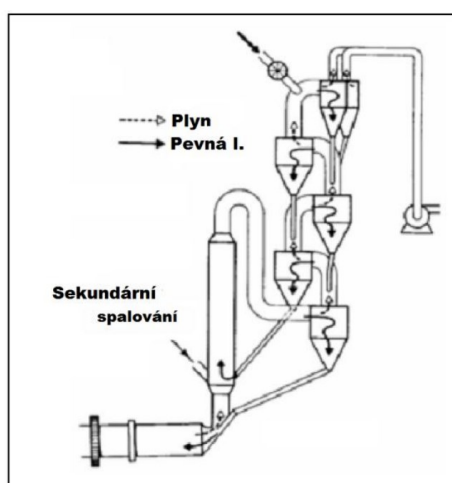
Obrázek 1- Disperzní výměníky tepla 4ST-6ST (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup>

Kde:

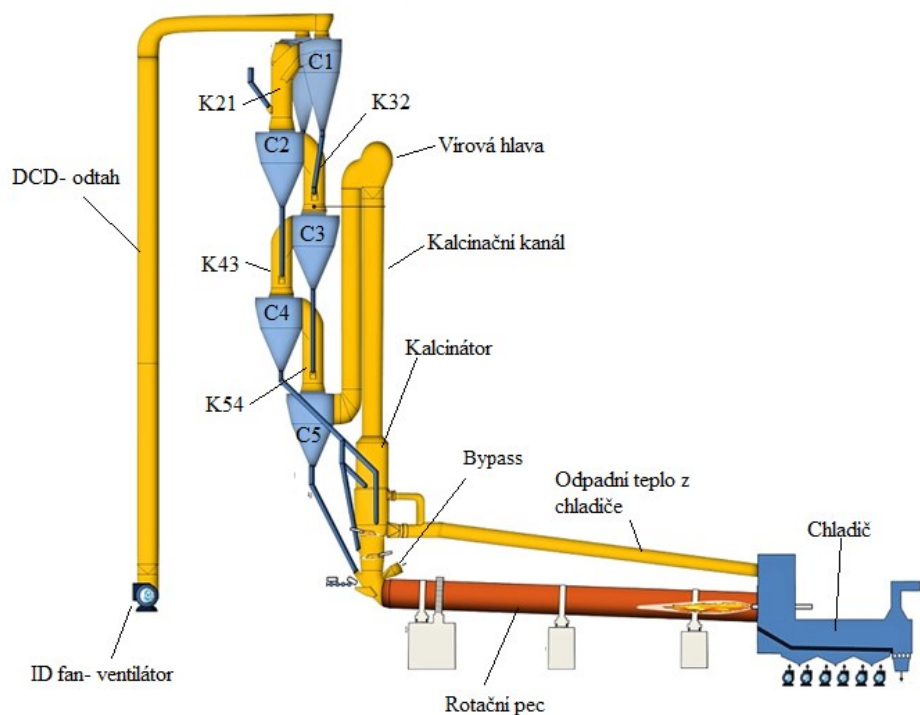
4ST – čtyřstupňový,

5ST – pětistupňový,

6ST – šestistupňový,



Obrázek 2- Disperzní výměník s předkalcinací [3]



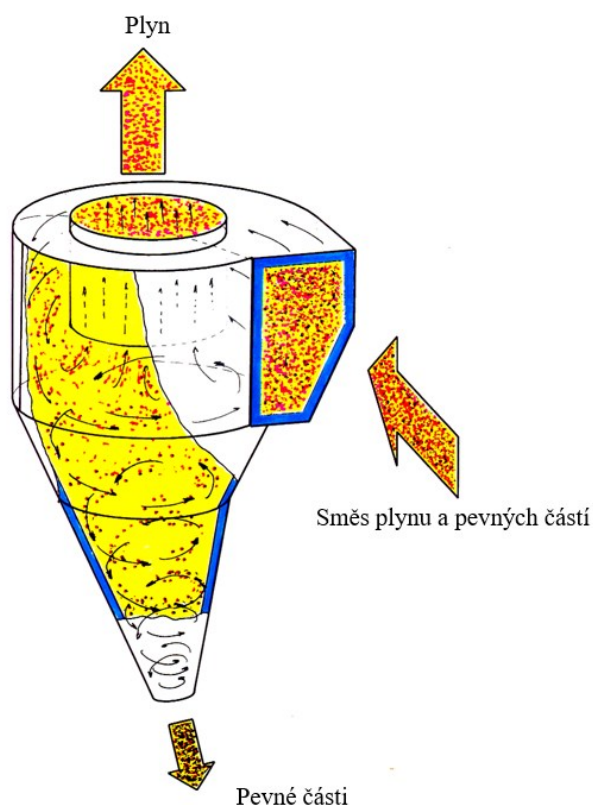
Obrázek 3- Pecní linka s kalcinátorem (Radomír Bubík) <sup>3</sup>

Kde:

- DCD – odťahové potrubí
- K – spojovací kanál, číslo popisuje pozici
- C – cyklon, číslo popisuje pozici

## 1.1 Cyklony

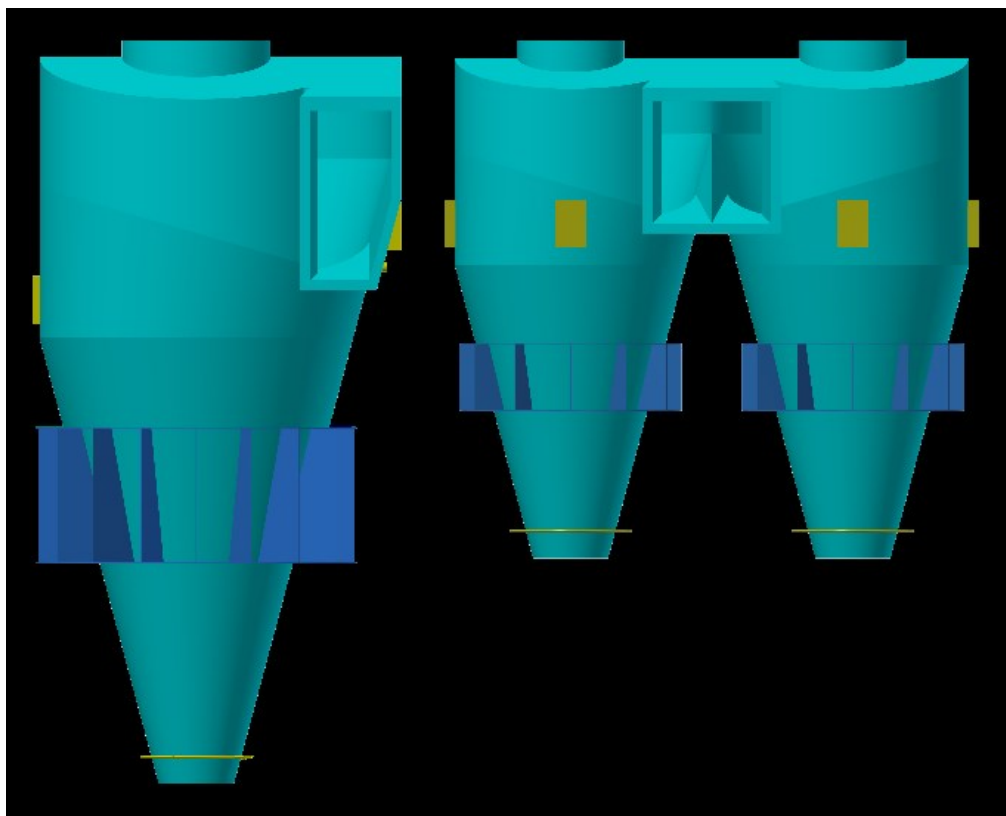
Cyklon ve výměníku slouží především jako průmyslové odlučovací zařízení pevného materiálu. V cyklonech také probíhá výměna tepla mezi surovinou a plynem. Tepelně-technologickým měřením bylo zjištěno, že se v cyklonech odehrává pouze 20 % tepelné výměny, zbylých 80 % se odehrává ve stoupacích kanálech a kalcinačním kanále. Konstrukce cyklonu je navrhována s cílem nízké tlakové ztráty a vysoké odlučivosti. Pro optimální výsledky, tedy nízkou tlakovou ztrátu a vysokou odlučivost celého systému, jsou cyklony prvního cyklonového stupně konstrukčně odlišné od níže postavených cyklonových stupňů. [1,3]



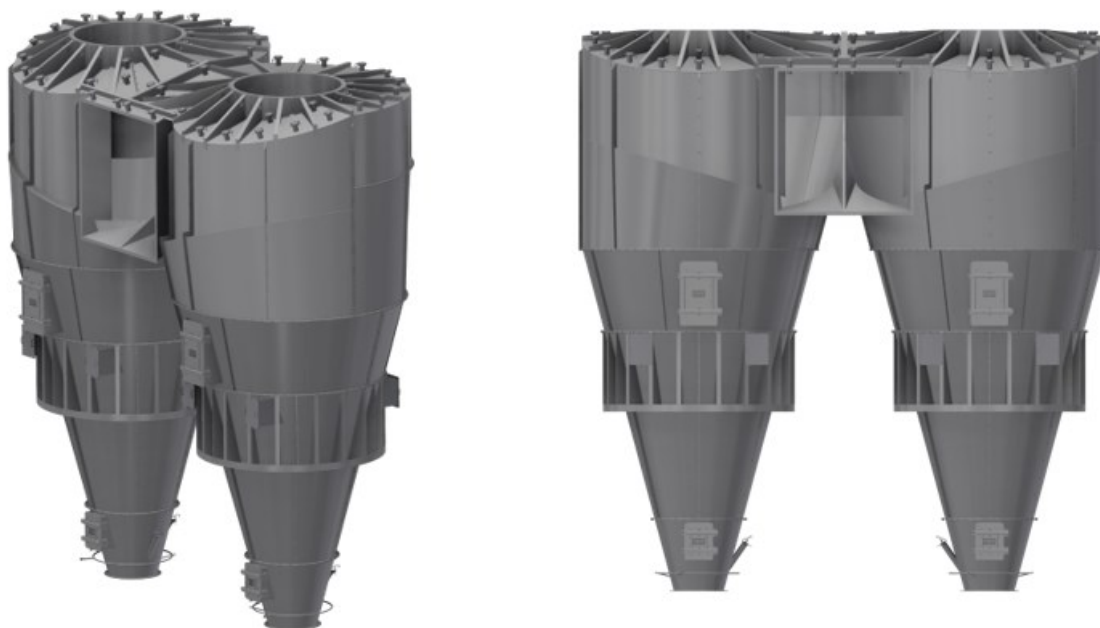
Obrázek 4- Funkce cyklonového odlučovače <sup>3</sup>

### 1.1.1 Cyklony pro první cyklonový stupeň

Cyklony prvního cyklonového stupně, jsou konstruovány s ohledem na vysokou účinnost odlučování, která je 95-97 %. Nežádoucí je zvýšená tlaková ztráta oproti níže postavených cyklonů o 100 %, přičemž tlaková ztráta prvního cyklonového stupně je cca. 1200 Pa. Firma IKN Czech s.r.o. (dále jen IKN) používá cyklony prvního stupně nazývaná dvojčata, jedná se o dva separátní cyklony se společným vstupem. Obrázek č. 5 znázorňuje srovnání výšky cyklonů se stejným výkonem, tlakovou ztrátou a odlučivostí. Vpravo vidíme jeden separátní cyklon pro první cyklonový stupeň s výškou 10 890 m, vlevo dvojče s výškou 7 580 m. [3]



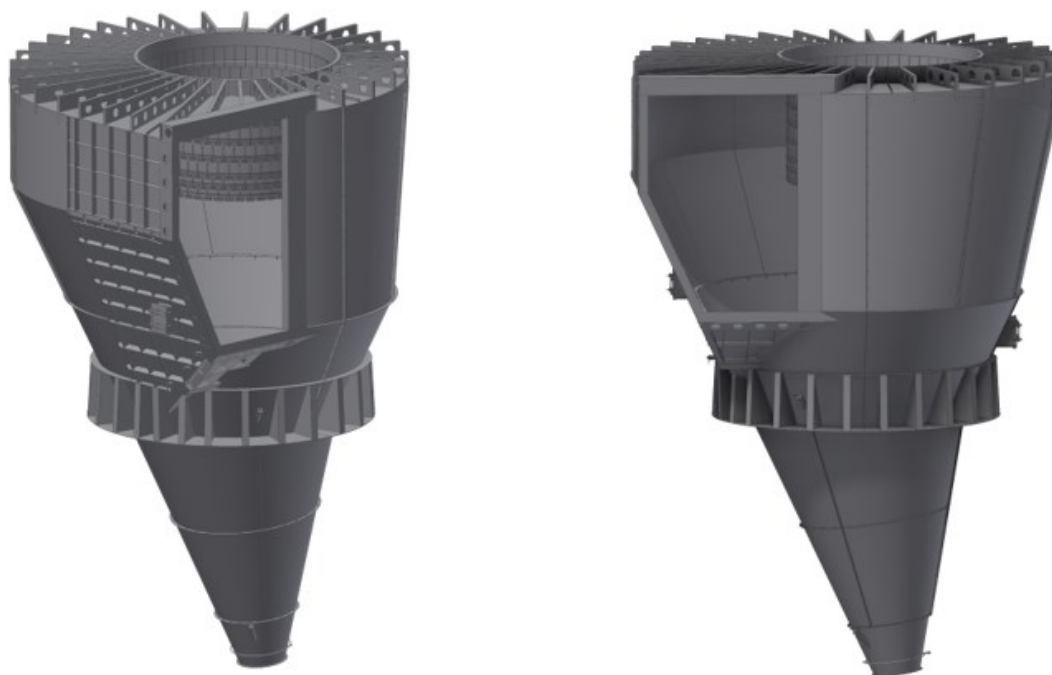
Obrázek 5- Srovnání cyklonů pro první stupeň firmy IKN (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>



Obrázek 6- Model dvojčat firmy IKN <sup>3</sup>

### 1.1.2 Cyklony pro nižší cyklonové stupně

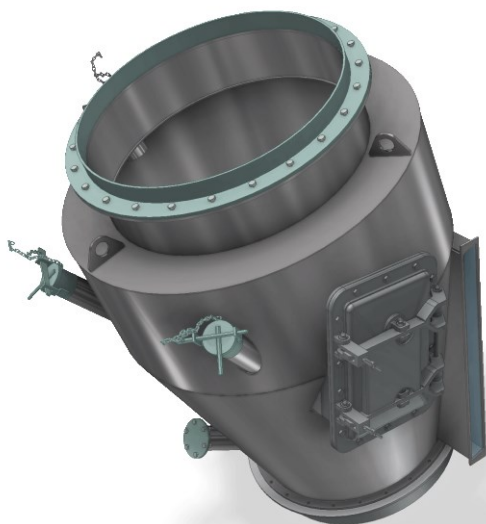
Cyklony pro nižší stupně mají stejnou základní konstrukci, jejich tlaková ztráta a účinnost odlučivosti se však mírně liší. Způsobuje to měnící se struktura surové moučky a tloušťka žáruvzdorné vyzdívky. Cyklony jsou konstruovány s ohledem na nízkou tlakovou ztrátou, nežádoucí je nižší účinnost odlučivosti. Tlaková ztráta níže postavených cyklonů firmy IKN se pohybuje mezi 600-800 Pa. Konstrukce cyklonů se mírně liší v počtu čistících otvorů, umístění dveří a materiálu odtahového hrdla. Tyto konstrukční změny nemají vliv na tlakovou ztrátu či odlučivost cyklonů.



Obrázek 7- Cyklon nižších stupňů firmy IKN <sup>3</sup>

## 1.2 Bypassový systém

Bypassový systém je instalován do linek se spalováním alternativních paliv. Alternativní paliva a suroviny obsahují vysoký podíl škodlivých látek, které se v systému vypařují a následně ve výše postavených cyklonových stupních kondenzují. Škodliviny, zejména pak chlor, síra a alkalické soli z alternativních paliv a suroviny způsobují kyselou korozi ocelových dílů, lepení surové moučky a mají negativní vliv na kvalitu slinku. Pro snížení intenzity koloběhu škodlivin se vynucuje použití bypassového systému u vstupu do pece. Bypassový systém odvede část proudu nesoucího částice ven, takže obchází cyklonový systém. Tento bypassový plyn je ochlazován za účelem kondenzace alkálií a následně filtrován. Odvedením části procesního plynu nejsou odvedeny pouze škodlivé látky, ale i horká surovina a horké plyny. Důsledkem je zvýšení spotřeby energie a zvýšení provozních nákladů. [3,6]

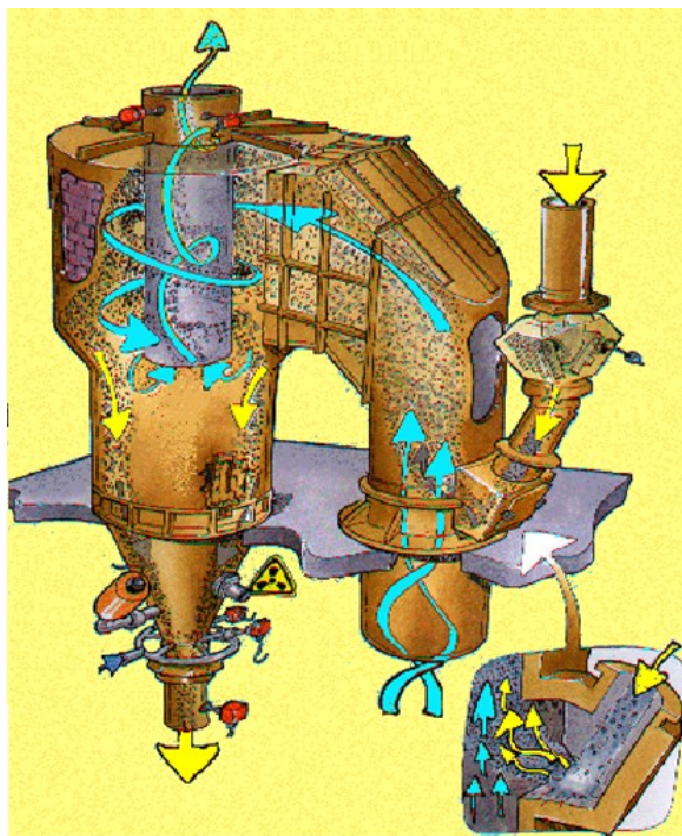


Obrázek 8- Bypassová komora firmy IKN <sup>3</sup>

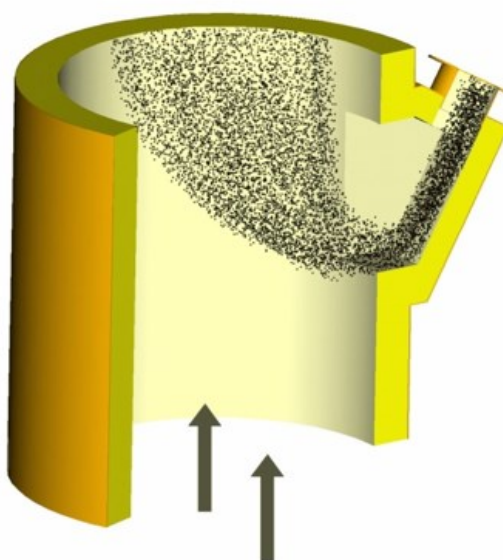
## 1.3 Spojovací kanály

Spojovací kanály jsou dalším důležitým prvkem výměníku. Spojují jednotlivé cyklony, které jsou umístěné nad sebou a vytváří cyklonový stupeň. Dochází v nich k přestupu tepla mezi horkým plynem a chladnější surovinou. Důležitou součástí spojovacího kanálu je tříštící krabice, která zajišťuje rozptyl suroviny.





Obrázek 9- Proudění plynu a suroviny v cyklonu a spojovacím kanálu <sup>3</sup>



Obrázek 10- Vstup suroviny do tříštící krabice a následné rozptýlení suroviny ve spojovacím kanále. (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup>

## 1.4 Kalcinátor

Kalcinátor zajišťuje předkalcinaci surové moučky (až z 95 %), před jejím vstupem do pece a slinkováním za použití alternativních paliv, terciárního vzduchu (horký vzduch z chladiče) a odpadního plynu z pece. Dávkování alternativních paliv do



výměníku dosahuje až 100 % (80 % z celkové pecní linky v závislosti na kvalitě použitých alternativních paliv). [3]

Základními parametry kalcinátoru jsou:

- Retenční čas suroviny

Čas, po který je surovina a hořící alternativní paliva v kalcinátoru. Rozlišujeme retenční čas suroviny v celém systému (výměníku) a retenční čas v kalcinátoru. Retenční čas v kalcinátoru je důležitý pro dokonalé spálení alternativních paliv a předkalcinaci suroviny.

- Objem kalcinátoru

Objem kalcinátoru je úměrný výkonu pecní linky. Čím vyšší výkon pecní linky, tím vyšší objem kalcinátoru.

Kalcinátor firmy IKN skládá ze čtyř hlavních částí.

- Spalovací komora

Firma IKN nabízí čtyři konstrukční typy spalovacích komor. Výběr typu spalovací komory závisí na druhu a kvalitě alternativních paliv. Ve spalovací komoře jsou instalované vstupy alternativních paliv, surové moučky a terciárního vzduchu.

- Kalcinační válec

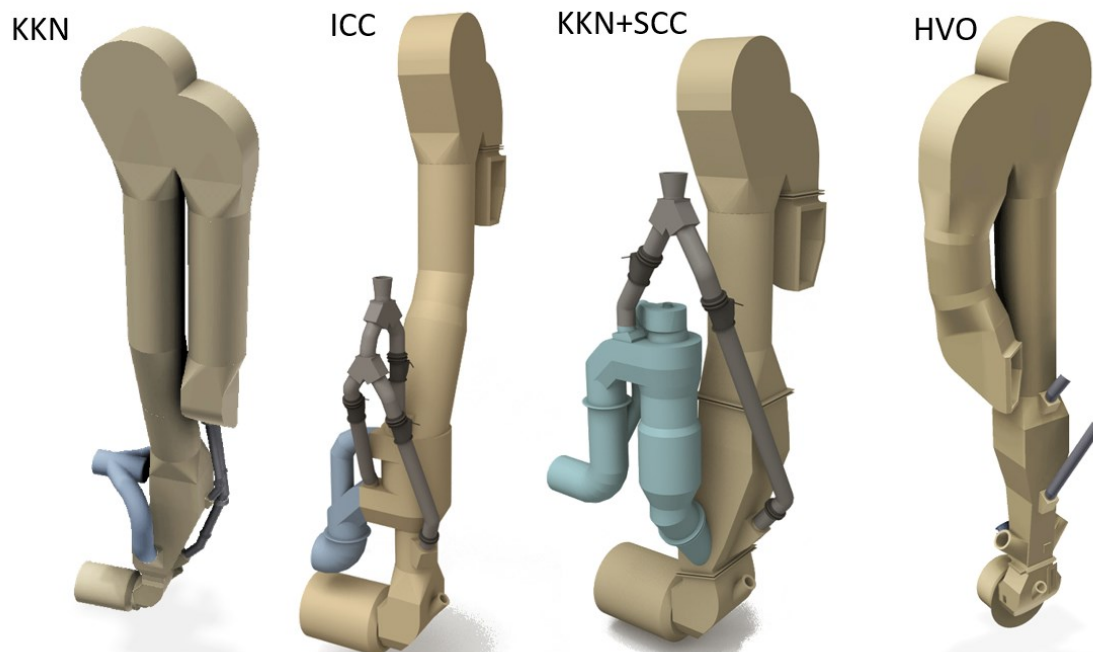
Kalcinační válec spojuje kalcinační hlavu se spalovací komou ve stoupající části. V klesající části spojuje vírovou hlavu s kolenem.

- Vírová hlava

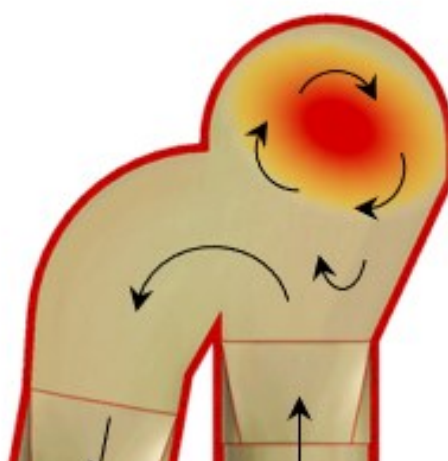
Vírová hlava slouží k prodloužení retenčního času suroviny v kalcinátoru. Použitím vírové hlavy se retenční čas prodlouží o cca 0,8 s.

- Koleny

Spojuje horký cyklon s kalcinátorem. [3]



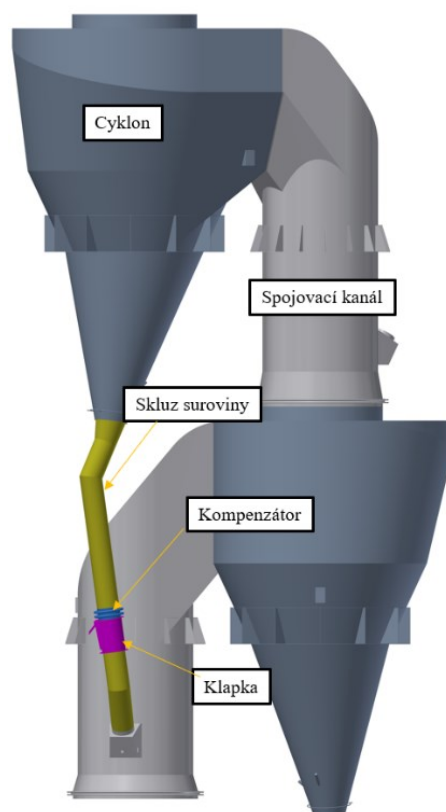
Obrázek 11- Konstrukční typy kalcinátorů firmy IKN (Jaroslav Oslanec)<sup>3</sup>



Obrázek 12- Proudění plynů ve vírové hlavě IKN (Jaroslav Oslanec)<sup>5</sup>

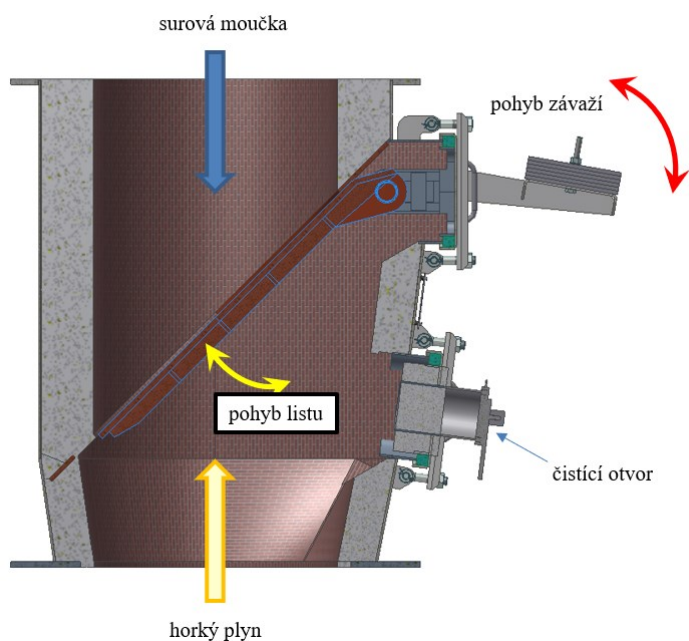
### 1.5 Skluz suroviny a jeho části

Skluz suroviny spojuje cyklonové stupně, jeho funkce je dopravit surovinu do tříštící krabice, aniž by se ucpal nalepením surové moučky. Zpětné proudění horkého plynu je utěsněno kývavou klapkou (dále jen klapka).



Obrázek 13- Spojení cyklonového stupně (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>

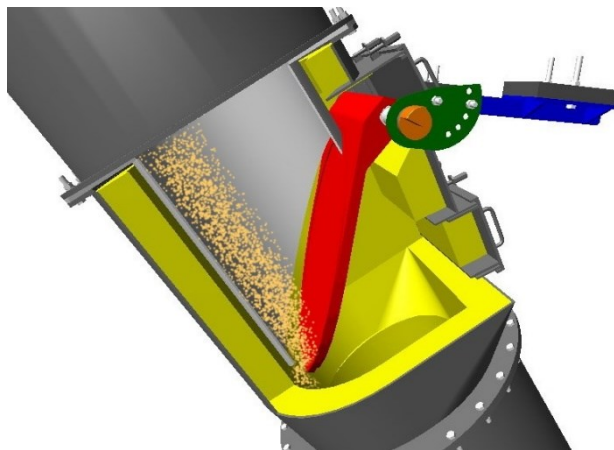
Na obrázku č. 13 vidíme spojení cyklonového stupně skluzem, který obsahuje klapku a kompenzátor teplotní roztažnosti. Obrázek č. 14 a obrázek č.16 znázorňuje řez modelu klapky, na obrázku č. 15 pak vidíme fotku instalované klapky.



Obrázek 14- Řez klapky s popisem (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup>



Obrázek 15- Instalovaná klapka  
(Jaroslav Oslanec)<sup>3</sup>



Obrázek 16- Částečný řez klapky s padající surovinou  
(Jaroslav Oslanec)<sup>3</sup>

## 1.6 Technická diagnostika a údržbová zařízení

Technická diagnostika a údržba vně strojních zařízení předehříváče, je při provozu komplikovaná z důvodu náročných provozních podmínek pecní linky, zejména vysokých teplot a vysokých rychlostí horkého plynu. Ve strojních zařízení jsou instalovány elektronické snímače podtlaku, teploty, zavalení cyklonu a chemické analyzátoři. Data ze snímačů jsou drátově přenášeny do řídicího centra, kde je obsluha vyhodnocuje. [3]



Obrázek 17-Interiér řídicího centra<sup>8</sup>

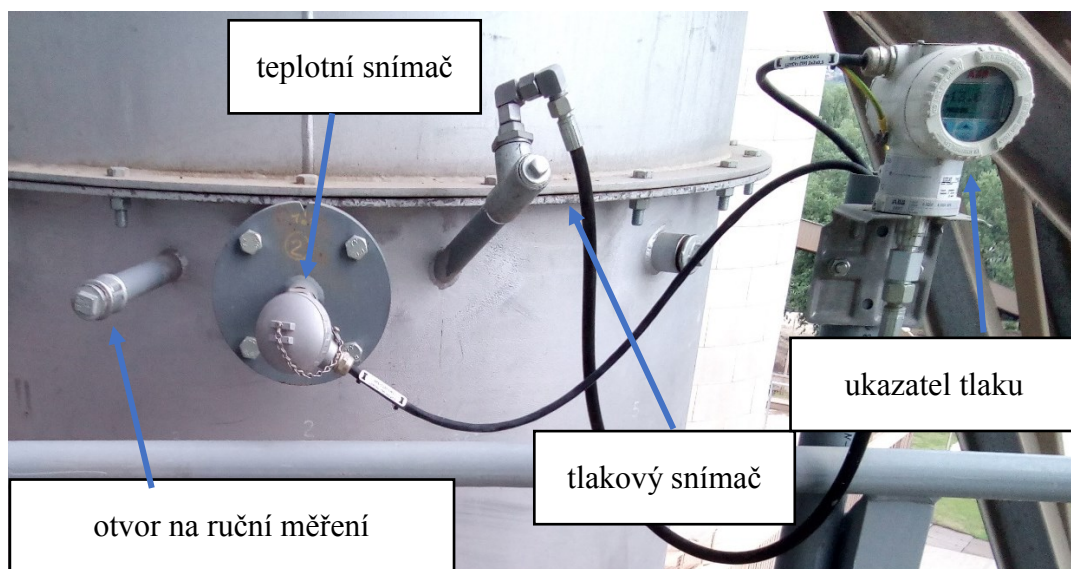
- Snímač teploty

Snímač teploty ukazuje aktuální teplotu v zařízení. Snímače teploty jsou v předehřívači instalovány do každého hlavního strojního zařízení. Teplota je základním ukazatelem, pro bezporuchový provoz linky a kvalitní výpal suroviny.

- Snímač podtlaku

Snímače podtlaku jsou instalovány vně cyklonů, kalcinačního kanálu, bypassu a odtahového potrubí. Podtlakem se diagnostikují poruchy vně systému, zvýšený podtlak v systému je nežádoucí. Příčiny zvýšeného podtlaku mohou být:

- velké množství nálepku,
- ucpání (neprůchodnost) systému,
- porucha odtahového hrdla,
- deformace, poškození strojního zařízení nebo jeho komponent [3]



Obrázek 18- Fotka s popisem zařízení (Radomír Bubík) <sup>3</sup>

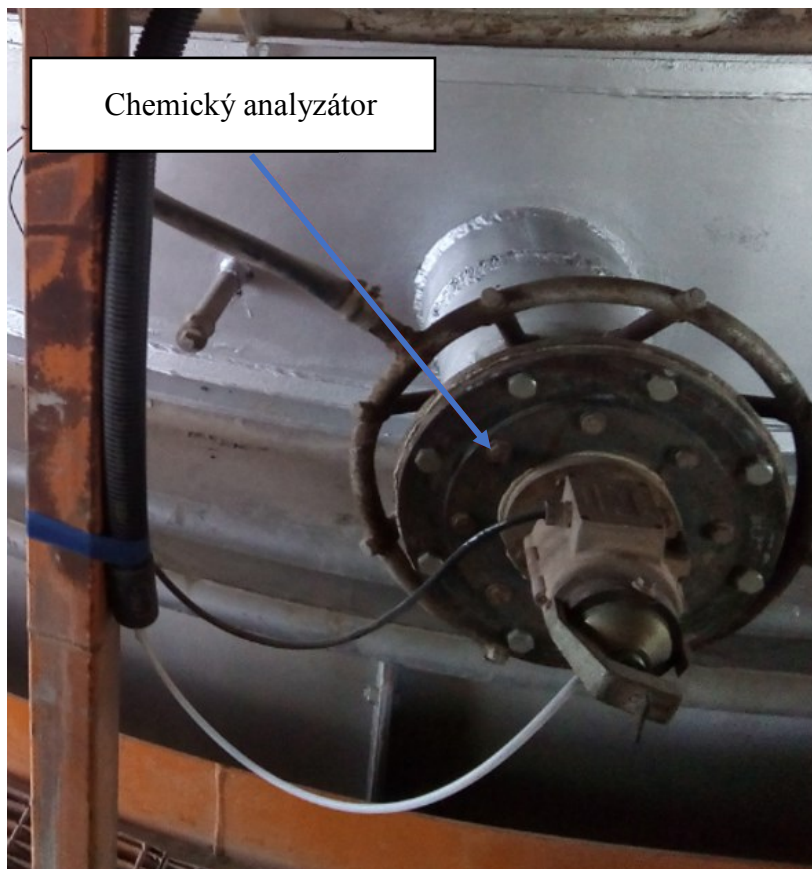




Obrázek 19- Ruční měření (Radomír Bubík) <sup>3</sup>

- Chemický analyzátor

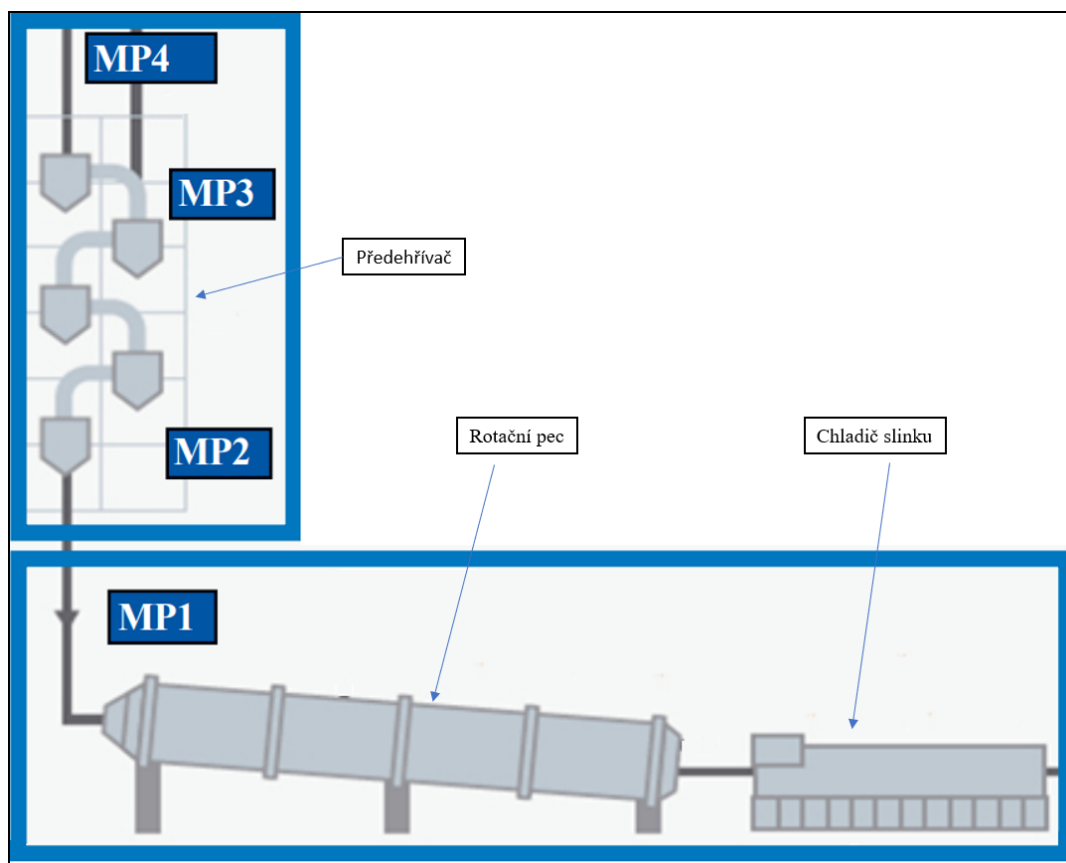
Chemický analyzátor slouží k analýze horkého plynu. Při analýze zjišťujeme chemické složení plynu a množství chemických složek.



Obrázek 20- Fotka instalovaného chemického analyzátoru (Radomír Bubík) <sup>3</sup>

Lokalizace měrných míst v předehříváči:

- MP1 – Pec/kalcinace,
- MP2 – Vstup předehřevu,
- MP3 – vstup posledního stupně,
- MP4 – vstup z předehřevu,



Obrázek 21- Měřicí pozice v předehříváči <sup>7</sup>

Kde:

MP – měřicí pozice

Strojní zařízení jsou vybaveny průlezy a čistícími otvory. Nejčastější problém údržby vně strojních zařízení za provozu je tvorba nálepky. Nálepek se odstraňuje automaticky za pomoci vzduchových děl, které jsou rozmístěny strategicky v místech předpokládané tvorby nálepky. Dalším systémem, který se používá pro odstranění nálepky, je systém Cardox s náplní oxidu uhličitého. [6]



Obrázek 22- Vzduchová děla (Jan Grňa) <sup>3</sup>

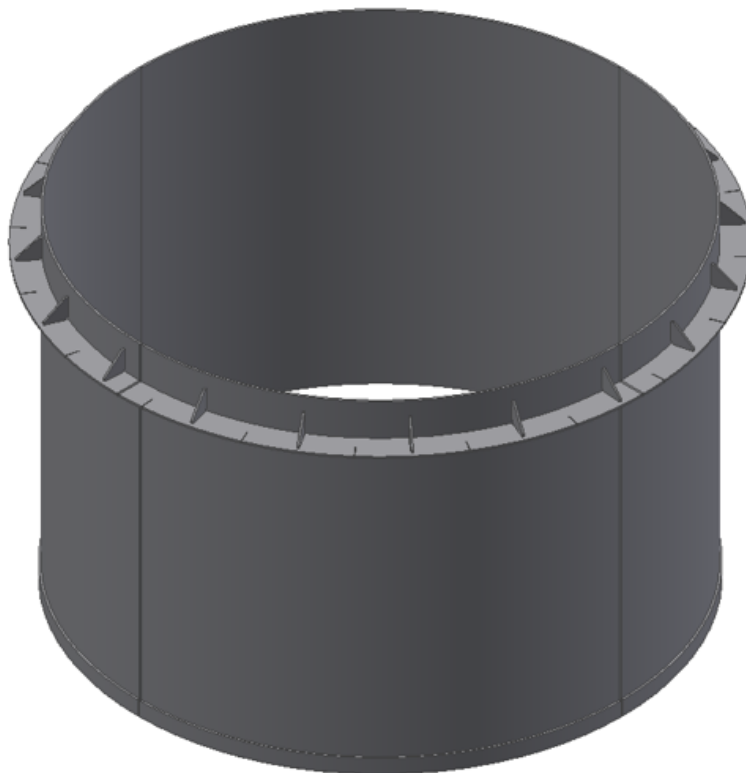


## 2 Odtahové hrdlo

Odtahové hrdlo je komponenta cyklonu, jehož pozice a délka má zásadní vliv na tlakovou ztrátu, odlučivost a proudění v cyklonu. Materiál odtahového hrdla se liší dle provozních podmínek cyklonu, zejména teploty. Plechové odtahové hrdlo je voleno do provozu s maximální provozní teplotou 550 °C. Do vyšších provozních teplot se používají odtahová hrdla skládající se ze segmentových odlitků. [3]

### 2.1 Plechová odtahová hrdla

Plechové hrdlo cyklonu se vyrábí z nerezové oceli, konkrétně 1.4845. Tloušťka odtahového hrdla se pohybuje v rozmezí 130–170 mm. Odtahové hrdlo se dělí na určitý počet dílů, které se následně montážně svaří, nebo spojí za pomoci šroubových spojů. Počet dílů závisí na dopravě a prostoru kolem cyklonu. Životnost plechového odtahového hrdla závisí na konkrétním provozu. Obecně lze říct, že se životnost pohybuje cca. patnáct let. [3]



Obrázek 23- Plechové hrdlo cyklonu (Tomáš Maňák) <sup>3</sup>



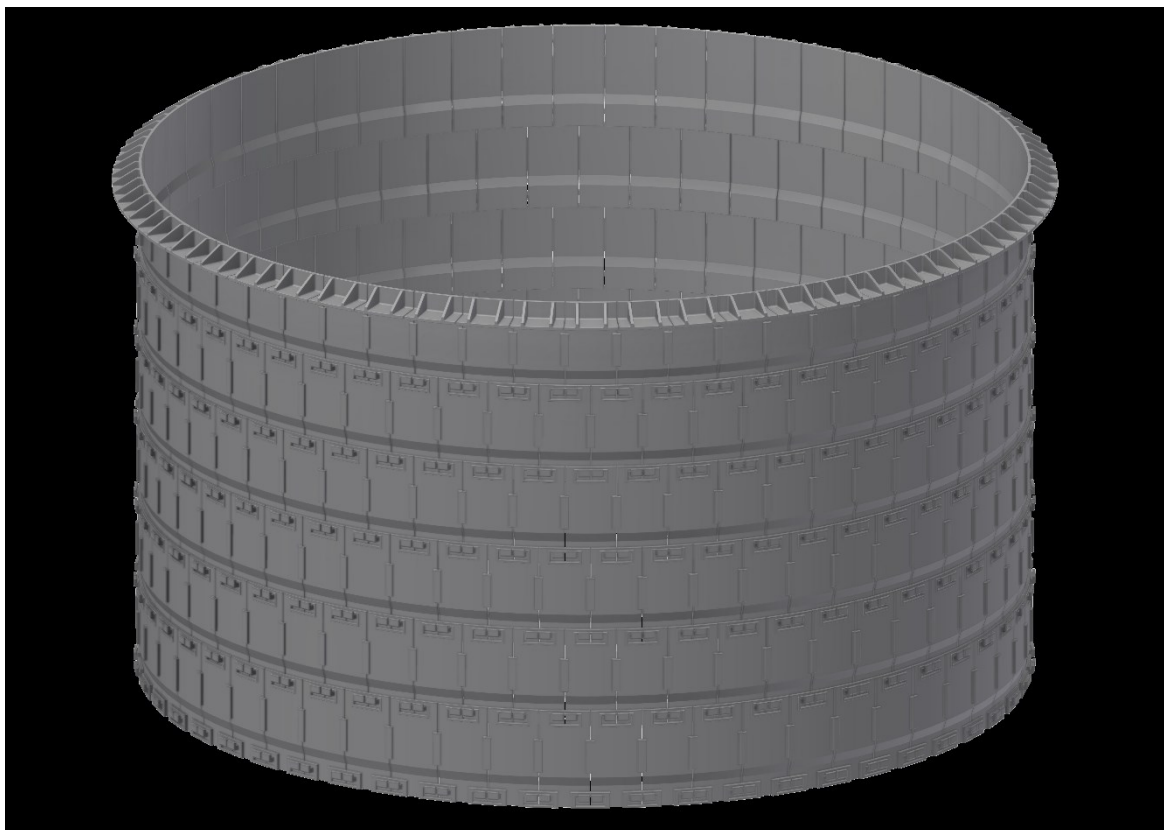
Obrázek 24- Instalace plechového odtahového hrdla do nově instalovaného cyklonu (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup>



Obrázek 25- Instalace plechového odtahového hrdla (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup>

## 2.2 Segmentové odtahové hrdlo

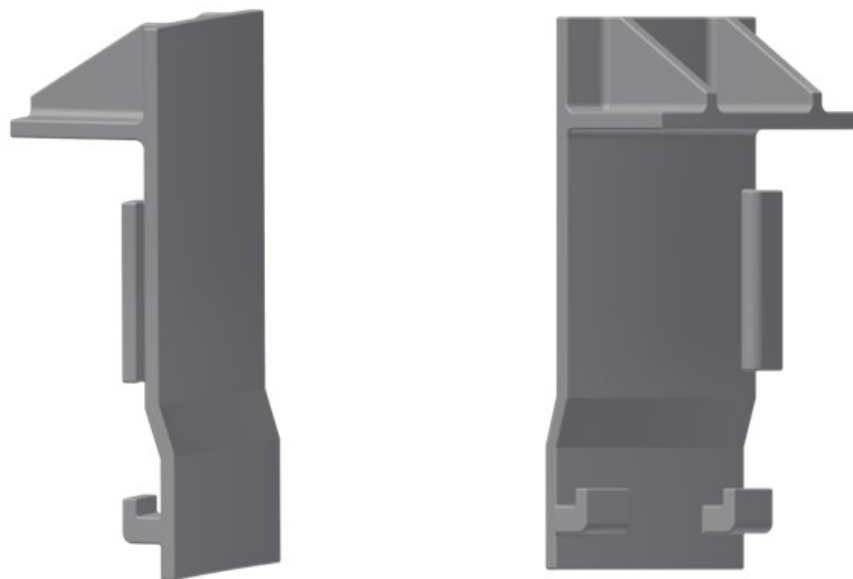
Zapuštěné hrdlo je umístěno excentricky do spirály cyklonu. Lité segmenty jsou zhotoveny z austeniticko-feritické žáruvzdorné oceli na odlitky s označením 1.4823. Segmentové odtahové hrdlo se skládá z kotevního segmentu, segmentového zámku a segmentu. Životnost kvůli vysokým provozním teplotám a složení plynu je maximálně dva roky. Výměna je náročná zejména kvůli stísněným prostorům a velkou váhou komponent. Po instalaci celé sestavy má segmentové odtahové hrdlo tvar kruhu. [3]



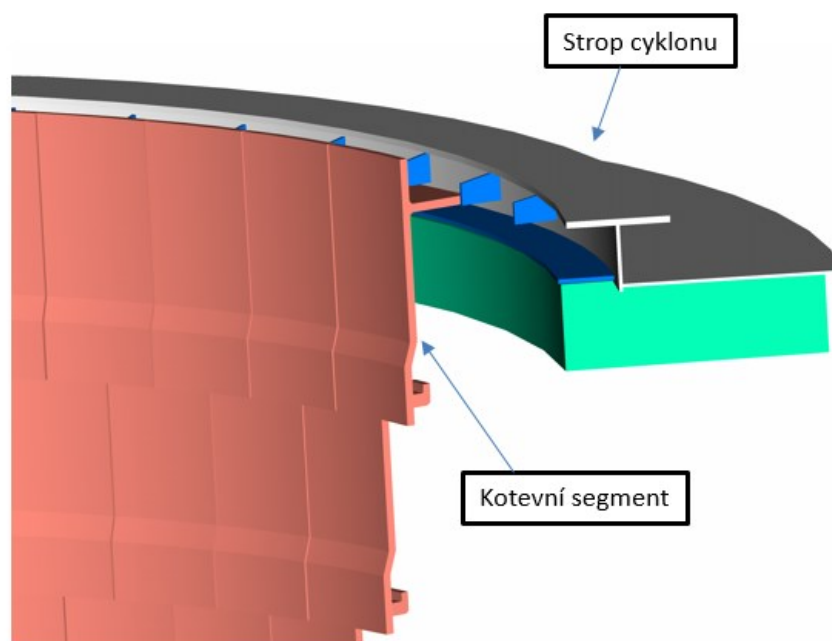
Obrázek 26- Model sestavy segmentového odtahového hrdla (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>

- Kotevní segment

Slouží k ukotvení odtahového hrdla ke stropu cyklonu. Kotevní segmenty jsou instalovány jako první z celé sestavy. Po dokončení instalace se vytvoří kotevní prstenec (kruh z kotevních segmentů), na které jsou zavěšeny navazující segmentové řady. Váha kotevního segmentu je 39,7 Kg.



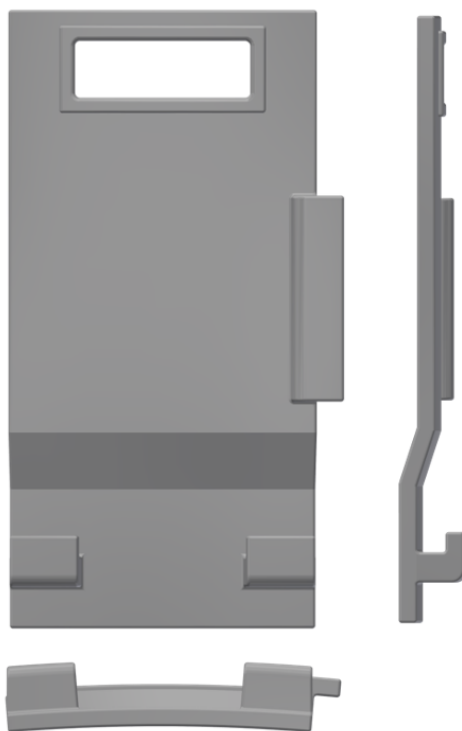
Obrázek 27- Model kotevního segmentu (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>



Obrázek 28- Způsob ukotvení odtahového hrdla (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup>

- Segment

Segmenty navazují na kotevní prstenec a tvoří většinu odtahového hrdla. Segmenty jsou zavěšeny jeden na druhém, poslední řadu segmentů uzavírá zámek segmentů. Váha segmentu je 27,3 Kg.



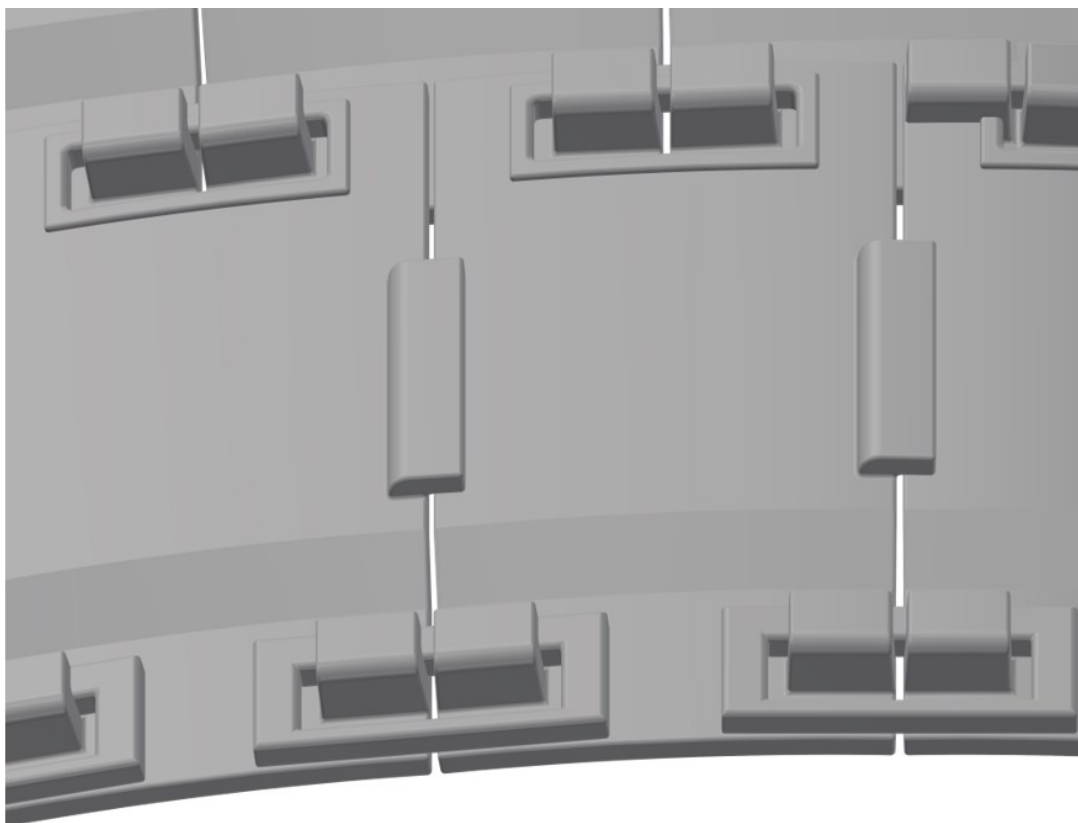
Obrázek 29- Segment odtahového hrdla (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>

- Zámek odtahového hrdla

Zámek odtahového hrdla je jednoduchá komponenta segmentového odtahového hrdla, která spojuje dva segmenty poslední řady. Díky tvaru a váze je instalace zámku odtahového hrdla značně jednodušší než zbytek sestavy. Váha zámku odtahového hrdla je 2,6 Kg.



Obrázek 30- Zámek odtahového hrdla (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>



*Obrázek 31- Způsob uzamknutí poslední řady segmentů. (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup>*

## **Závěr**

Bakalářská práce se zabývá návrhem zámku odtahového hrdla cyklonu. První část práce je věnována strojním zařízením disperzního výměníku tepla, ve kterém se odtahové hrdlo nachází. V této části jsou popsány funkce jednotlivých zařízení a jejich technická diagnostika. Dalším tématem této části je odtahové hrdlo cyklonu. Je zde popsáno plechové odtahové hrdlo a segmentové odtahové hrdlo. Segmentové odtahové hrdlo je sestava segmentů, jehož komponentou je zámek odtahového hrdla.

Návrh zámku segmentového odtahového hrdla a technická diagnostika deformace odtahového hrdla je hlavním tématem bakalářské práce. Tomuto tématu je věnována druhá část, ve které jsem poukázal na dilatační mezery a způsob uzamknutí segmentů poslední řady odtahového hrdla. Dále je zde řešen návrh konstrukčních změn zámku odtahového hrdla. Následně je zde návrh porovnání zámků.

Realizací návrhu porovnáním zámků, které jsem uvedl v této práci bych chtěl navázat v diplomové práci, kde bych se mimo jiné zabýval také materiálem, vlivy na opotřebení odtahového hrdla a jeho případnou deformaci.

Na závěr mohu konstatovat, že cíl bakalářské práce byl splněn.

## Seznam použité literatury

- [1] DUDA, Walter H. *Cement-data-book: International Process Engineering in the Cement Industry*. London, MacDonald and Evans, 1985. 508 s. Interní překlad 2. rozšířeného vydání. Dostupné v archivu podniku IKN Czech s.r.o.
- [2] GARKISCH, Miloš. *Příběhy pražských cementáren*. Česko: Českomoravský cement - Závod Králův Dvůr-Radotín, 2011. 375 s. ISBN 978-80-260-0492-9
- [3] Interní materiály firmy IKN Czech s.r.o. Dostupné z: archiv společnosti
- [4] HELEBRANT, František. *Technická diagnostika a spolehlivost*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1690-6.

## Internetové zdroje

- [5] PSP Engineering. *Výměníky a kalcinátory*. In: docplayer.cz. [online]. 2005 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z:  
<https://docplayer.cz/29704269-Vymeniky-a-kalcinatory-psp-engineering-a-s.html>
- [6] Evropská komise. *Průmyslová odvětví výroby cementu, vápna a oxidu hořečnatého*. In: [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz) [online]. 05-2010 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z:  
[https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/prumysl-a-zivotni-prostredi/ippc-integrovana-prevence-a-omezovani-znecisteni/referencni-dokumenty-bref/2016/12/BREF-Cement-vapno\\_konecny.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/prumysl-a-zivotni-prostredi/ippc-integrovana-prevence-a-omezovani-znecisteni/referencni-dokumenty-bref/2016/12/BREF-Cement-vapno_konecny.pdf)
- [7] ŠIFTA, Ivan. *Přístrojové vybavení pro cementárny- analýza plynů*. In: vumo.cz. [online]. 2017 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z:  
<https://www.vumo.cz/wp-content/uploads/2017/06/18-analyzatory-plynu-siemens-pro-emisni-a-procesni-mereni.pdf>
- [8] Zkg.de, *New control station for white and grey cement production*. [online]. 2014 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z:  
[https://www.zkg.de/en/artikel/zkg\\_New\\_control\\_station\\_for\\_white\\_and\\_grey\\_cement\\_production\\_3129790.html](https://www.zkg.de/en/artikel/zkg_New_control_station_for_white_and_grey_cement_production_3129790.html)



## Seznam obrázků

Obrázek 1- Disperzní výměníky tepla 4ST-6ST (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	10
Obrázek 2- Disperzní výměník s předkalcinací [3] .....	10
Obrázek 3- Pecní linka s kalcinátorem (Radomír Bubík) <sup>3</sup> .....	11
Obrázek 4- Funkce cyklonového odlučovače <sup>3</sup> .....	12
Obrázek 5- Srovnání cyklonů pro první stupeň firmy IKN (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	13
Obrázek 6- Model dvojčat firmy IKN <sup>3</sup> .....	13
Obrázek 7- Cyklon nižších stupňů firmy IKN <sup>3</sup> .....	14
Obrázek 8- Bypassová komora firmy IKN <sup>3</sup> .....	15
Obrázek 9- Proudění plynu a suroviny v cyklonu a spojovacím kanálu <sup>3</sup> .....	16
Obrázek 10- Vstup suroviny do tříštící krabice a následné rozptýlení suroviny ve spojovacím kanále. (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	16
Obrázek 11- Konstrukční typy kalcinátorů firmy IKN (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	18
Obrázek 12- Proudění plynů ve vírové hlavě IKN (Jaroslav Oslanec) <sup>5</sup> .....	18
Obrázek 13- Spojení cyklonového stupně (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	19
Obrázek 14- Řez klapky s popisem (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	19
Obrázek 15- Instalovaná klapka (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	20
Obrázek 16- Částečný řez klapky s padající surovinou (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	20
Obrázek 17-Interiér řídicího centra <sup>8</sup> .....	20
Obrázek 18- Fotka s popisem zařízení (Radomír Bubík) <sup>3</sup> .....	21
Obrázek 19- Ruční měření (Radomír Bubík) <sup>3</sup> .....	22
Obrázek 20- Fotka instalovaného chemického analyzátoru (Radomír Bubík) <sup>3</sup> .....	22
Obrázek 21- Měřicí pozice v předehříváči <sup>7</sup> .....	23
Obrázek 22- Vzduchová děla (Jan Grňa) <sup>3</sup> .....	24
Obrázek 23- Plechové hrdlo cyklonu (Tomáš Maňák) <sup>3</sup> .....	25
Obrázek 24- Instalace plechového odtahového hrdla do nově instalovaného cyklonu (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	26

Obrázek 25- Instalace plechového odtahového hrdla (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	26
Obrázek 26- Model sestavy segmentového odtahového hrdla (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	27
Obrázek 27- Model kotevního segmentu (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	28
Obrázek 28- Způsob ukotvení odtahového hrdla (Jaroslav Oslanec) <sup>3</sup> .....	28
Obrázek 29- Segment odtahového hrdla (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	29
Obrázek 30- Zámek odtahového hrdla (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	29
Obrázek 31- Způsob uzamknutí poslední řady segmentů. (Tomáš Šlosar) <sup>3</sup> .....	30

## **Seznam příloh**

Příloha A – výkres zamykacího segmentu

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Františku Helebrantovi, CSc. za vstřícný přístup a odborné rady.